

# PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN DENGAN SERBUK KACA DAN PENAMBAHAN SERAT KAWAT GALVANIS PADA BETON MUTU TINGGI TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG

Slamet Prayitno<sup>1)</sup>, Supardi<sup>2)</sup>, Riyan Rahma Indika<sup>3)</sup>

<sup>1), 2)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>3)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: [riyanrahmaindika@gmail.com](mailto:riyanrahmaindika@gmail.com)

## Abstract

Concrete is very important in the construction world because as one of the form of the structure, that is as upper structure and sub structure. High quality of concrete will allow a big construction, that is for a high buildings and transportation facilities. Concrete is used more because became cheap, high strength, easy to implementation, easy in treatment, and malleable. Concrete also have some disadvantages, various efforts have been made to get the high quality and better characteristic of concrete. Many research has been done and with new innovations, one of them is substitution several cement with glass powder and addition of galvanized wire fibers at fresh concrete to increase compressive strength, and flexural strength. The purpose of this research is to know the influence of substitution several cement with glass powder and the addition of galvanized wire fibers on high quality concrete of compressive strength, and flexural strength of reinforced concrete beams. The method used is a method that is carried out in a laboratory experiment UNS material. Cylindrical test specimen with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm for compressive strength testing, and 8 cm x 12 cm x 100 cm for flexural strength testing. Each objects test consists of 3 object for one variation of substitution several cement with glass powder. Percentage of the glass powder which used are 0%; 2%; 4%; 6%; and 8%. Compressive strength test is using a CTM (Compression Testing Machine) and flexural strength test is using a Loading Frame machine. Calculation is using Microsoft Excel program. The results of substitution several cement with glass powder and the addition of galvanized wire fibers on high quality concrete was increase the compressive strength, and flexural strength. The compressive strength of concrete with glass powder in concentration 0%; 2%; 4%; 6%; and 8% are 38,8771 MPa; 43,2177 MPa; 45,2937 MPa; 42,2741 MPa; dan 41,5192 MPa. The increasing value compressive strength of concrete with glass powder in concentration 2%; 4%; 6%; and 8% are 11,17%; 16,50%; 8,74%; and 6,80%. The steady substitution several cement with glass powder is 3,72% concentration based on chart function polynomial with value of compressive strength 45,35638 Mpa. The flexural strength of concrete with glass powder in concentration 0%; 2%; 4%; 6%; and 8% are 6,52304 kNm; 7,02304 kNm; 7,14804 kNm; 6,89804 kNm dan 6,77304 kNm. The increasing value flexural strength of concrete with glass powder in concentration 2%; 4%; 6%; and 8% are 7,665%; 9,581%; 5,749%; dan 3,833%. The steady substitution several cement with glass powder is 3,528% concentration based on chart function polynomial with value of flexural strength 7,16050 kN.m.

**Keywords:** High Quality Concrete, Glass Powder, Galvanized Wire Fibers, Compressive Strength, Flexural Strength.

## Abstrak

Beton begitu penting dalam dunia konstruksi karena sebagai salah satu elemen pembentuk struktur, yaitu sebagai upper structure dan sub structure. Beton dengan kualitas baik akan memungkinkan sebuah pembangunan yang besar, baik berupa gedung-gedung bertingkat maupun sarana transportasi. Beton banyak digunakan karena harga yang relatif murah, kekuatannya yang tinggi, kemudahan dalam pelaksanaannya, perawatannya dan mudah dibentuk. Beton juga memiliki beberapa kekurangan, berbagai usaha telah dilakukan untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik. Penelitian - penelitian telah dilakukan dan dengan beberapa inovasi-inovasi baru, salah satunya adalah dengan penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca dan menambahkan serat kawat galvanis pada beton segar yang bertujuan meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca dan penambahan serat kawat galvanis pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Bahan UNS. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, 8 cm x 12 cm x 100 cm untuk pengujian kuat lentur. Benda uji masing-masing berjumlah 3 buah untuk 1 variasi kadar penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca. Persentase serbuk kaca yang digunakan adalah 0%; 2%; 4%; 6%; dan 8%. Pengujian menggunakan alat CTM (Compression Testing Machine) untuk kuat tekan dan Loading Frame untuk kuat lentur. Perhitungan analisis menggunakan bantuan program Microsoft Excel. Hasil dari penelitian penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca dan penambahan serat kawat galvanis pada beton mutu tinggi adalah dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur. Nilai kuat tekan beton dengan kadar serbuk kaca sebesar 0%; 2%; 4%; 6%; dan 8% adalah 38,8771 MPa; 43,2177 MPa; 45,2937 MPa;

42,2741 MPa; dan 41,5192 MPa. Peningkatan nilai kuat tekan beton dengan kadar serbuk kaca sebesar 2%; 4%; 6%; dan 8% adalah 11,17%; 16,50%; 8,74%; dan 6,80%. Kadar optimum penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca adalah pada kadar 3,72% berdasarkan grafik fungsi polinomial dengan nilai kuat tekan sebesar 45,35638 Mpa. Nilai kuat lentur beton dengan kadar serbuk kaca sebesar 0%; 2%; 4%; 6%; dan 8% adalah sebesar 6,52304 kNm; 7,02304 kNm; 7,14804 kNm; 6,89804 kNm dan 6,77304 kNm. Peningkatan nilai kuat lentur beton dengan kadar serbuk kaca sebesar 2%; 4%; 6%; dan 8% adalah sebesar 7,665%; 9,581%; 5,749%; dan 3,833%. Kadar optimum penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca adalah pada kadar 3,528% berdasarkan grafik fungsi polinomial dengan nilai kuat lentur sebesar 7,16050 kN.m.

*Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Serbuk Kaca, Serat Kawat Galvanis, Kuat Tekan, Kuat Lentur.*

## **PENDAHULUAN**

Beton banyak digunakan karena harga yang relatif murah, kekuatannya yang tinggi, kemudahan dalam pelaksanaannya, perawatannya dan mudah dibentuk. Beton juga memiliki beberapa kekurangan maka dari itu dilakukan usaha-usaha untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik. Berbagai usaha telah dilakukan untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik. Penelitian - penelitian telah dilakukan dan dengan beberapa inovasi-inovasi baru, misalkan dengan penambahan bahan tambah sehingga tidak hanya menjadi beton konvensional. Penambahan serat baja (kawat bendrat) pada beton dan terbukti dapat meningkatkan kinerja beton dengan komposisi tertentu. Penelitian ini menggunakan serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian semen dan menambahkan serat kawat galvanis pada beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca dan penambahan serat kawat galvanis pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang dengan menggunakan metode *American Concrete Institute (ACI)*.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Beton**

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan bangunan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan (Tjokrodimulyo, 1996).

### **Beton Serat**

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat, air dan sejumlah serat yang disebar secara random. Prinsip penambahan serat adalah memberi tulangan pada beton yang disebar merata kedalam adukan beton dengan orientasi random untuk mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Soroushian dan Bayasi, 1987)

### **Bahan Tambah**

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton. Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya (Tjokrodimulyo, 1996).

### **Beton Metode *American Concrete Institute (ACI)***

Metode *American Concrete Institute (ACI)* mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan kekuatan dan pekerjaan beton. Dalam metode *American Concrete Institute (ACI)* kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ( $f_{cr}$ ) untuk proporsi campuran berdasarkan campuran coba di laboratorium di ambil persamaan :  $f_{cr} = (f_c + 9,66) / 0,9$

Dengan ketentuan kekuatan tekan rata-rata beton pada umur 28 hari yang didasarkan atas benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.  $f_{cr}$  adalah kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (MPa) dan  $f_c$  adalah kuat tekan rata-rata yang disyaratkan (MPa)

### **Beton Mutu Tinggi Metode *American Concrete Institute (ACI)* dengan Serbuk Kaca dan Serat Kawat Galvanis**

Beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute (ACI)* dengan campuran serbuk kaca dan serat kawat galvanis, bahan betonnya mudah didapat dari limbah-limbah rumah tangga yang berupa botol kaca dan kawat galvanis yang merupakan kawat lokal yang biasanya di jual di pasaran dan harga yang relative terjangkau. Beton mutu tinggi ini diharapkan kuat tekan dan kuat lenturnya menjadi bertambah. Beton mutu tinggi dengan campuran serbuk kaca dan serat kawat galvanis diharapkan dapat mencapai kuat tekan  $f_c > 41,4$  Mpa.

## Pengujian

### Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Tjokrodimulyo, 1996). Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan :

$$f_c = \frac{P}{A} \left( \frac{N}{mm^2} \right) \quad (1)$$

dengan :

f<sub>c</sub>: Kuat tekan beton pada umur 28 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P: beban maksimum (N)

A: Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### Kuat Lentur

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 0-4431-2011). Pembebanan dilakukan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser. Tegangan lentur yang didapat ternyata lebih tinggi daripada tegangan lentur secara langsung. Analisis perhitungan momen nominal (M<sub>n</sub>) dilakukan dengan 3 analisis yaitu analisis pengujian, analisis kuat tarik beton tidak diperhitungkan (SNI), dan analisis kuat tarik beton diperhitungkan (Suhendro), untuk menghitung momen nominal (M<sub>n</sub>) masing-masing analisis dapat dilihat pada persamaan berikut:

#### 1. Analisis Pengujian:

$$M_n = (R_A \cdot \frac{1}{2} L) - (\frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{6} L) - (q \cdot \frac{1}{2} L \cdot \frac{1}{4} L)$$

dimana

$$L = \text{Panjang Bentang (cm)}$$

#### 2. Analisis Kuat Tarik Tidak Diperhitungkan (SNI)

M<sub>n</sub>

dimana A<sub>s</sub> = Luas Baja Tulangan (cm<sup>2</sup>)

f<sub>y</sub> = Tegangan Leleh Baja Tulangan (kg/cm<sup>2</sup>)

d = Tinggi Efektif Balok (cm)

a = Tinggi Blok Tegangan Beton

#### 3. Analisis Kuat Tarik Diperhitungkan (Suhendro)

$$D_c = 0,67 f_c f_c b$$

$$T_c = 0,85 (h-c) \cdot 0,85 f_t f_b$$

$$T_s = A_s f_y$$

$$D_c - T_c - T_s = 0$$

$$e_s = 0,0035(d-c / c)$$

$$f_s = e_s E_s$$

$$f_s > f_{ys}$$

$$z_1 = \frac{D_c}{T_c}$$

$$z_2 = \frac{T_s}{T_c}$$

$$M_n = T_c z_1 + T_s z_2$$

$$M_n = T_c \left( \frac{D_c}{T_c} + \frac{T_s}{T_c} z_2 \right)$$

- Dimana  $f_{cf}$  = kuat desak beton fiber (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $f_{tf}$  = kuat tarik beton fiber (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $f_{ys}$  = tegangan luluh baja tulangan (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $A_s$  = luas baja tulangan  
 $c$  = jarak garis netral ke serat terluar di bagian desak (cm)  
 $h$  = tinggi balok (cm)  
 $d$  = tinggi efektif balok (cm)  
 $D_c$  = resultante gaya desak pada fiber (kg)  
 $T_c$  = resultante gaya tarik pada beton fiber (kg)  
 $T_s$  = resultante gaya tarik pada baja tulangan (kg)

## METODELOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret. Tahap awal, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI). Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, maka dilanjutkan dengan membuat benda uji. Benda uji akan diuji dengan uji kuat tekan dan kuat lentur. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji berbentuk silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm dan untuk uji kuat lentur menggunakan balok 8 cm x 12 cm x 100 cm, dengan masing-masing variasi kadar serbuk kaca 0%; 2%; 4%; 6%; dan 8% berjumlah 3 benda uji per persentase serbuk kaca. Pengujian akan dilakukan setelah beton berumur 28 hari, dengan menggunakan alat-uji tekan dan kuat lentur yang ada di laboratorium, kemudian data hasil pengujian dianalisis statistik menggunakan program *Microsoft Excel*. Data hasil pengujian tersebut nantinya dapat diambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca dan penambahan serat kawat galvanis pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang dengan metode *American Concrete Institute* (ACI).

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan

No	Kadar Serbuk Kaca	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	GT-0	3
2	2 %	GT-2	3
3	4 %	GT-4	3
4	6 %	GT-6	3
5	8 %	GT-8	3

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Lentur

No	Kadar Serat Bendrat	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	GL-0	3
2	2 %	GL-2	3
3	4 %	GL-4	3
4	6 %	GL-6	3
5	8 %	GL-8	3

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Agregat

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kandungan zat organik	Kuning Muda	0 - 10%	Memenuhi syarat
2	Kandungan lumpur	2 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,44 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
4	<i>Bulk specific SSD</i>	2,54 gr/cm <sup>3</sup>	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,71 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
6	<i>Absorbtion</i>	4,17 %	-	-
7	Modulus Halus	2,42	2,3-3,1	Memenuhi syarat

Sumber : \*) SNI 03 – 1969 – 1990 dan SNI 03 – 2417 – 1991

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butir	7,80	5 - 8	Memenuhi syarat
2	Bulk Specific Gravity	2,38	-	-
3	Bulk Specific Gravity SSD	2,53	-	-
4	Apparent Specific Gravity	2,78	-	-
5	Absorbtion	6,03%	-	-
6	Abrasi	44,32 %	50 %	Memenuhi syarat

#### Hasil Perhitungan Rancang Campur Adukan Beton Metode *American Concrete Institute (ACI)*

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *American Concrete Institute (ACI)*. Dari perhitungan didapat kebutuhan bahan per 1 m<sup>3</sup> yaitu :

- a. Pasir = 722,99 kg
- b. Agregat Kasar = 969,68 kg
- c. Semen = 409,17 kg
- d. Air = 122,75 liter

Kebutuhan bahan untuk tiap benda uji silinder yaitu :

- a. Pasir = 3,8329 kg
- b. Agregat Kasar = 5,1407 kg
- c. Semen = 2,1692 kg
- d. Air = 0,6507 kg
- e. Kawat Galvanis 1% = 0,1179 gram

Kebutuhan bahan untuk tiap benda uji balok yaitu :

- a. Pasir = 6,9407 kg
- b. Agregat Kasar = 9,3089 kg
- c. Semen = 3,9280 kg
- d. Air = 1,1784 kg
- e. Kawat Galvanis 1% = 0,2135 Gram

#### Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	KADAR SERBUK KACA	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	LUAS PERM. (mm <sup>2</sup> )	UJI TEKAN (kN)	f' <sub>c</sub> (MPa)
1	0 %	GT 0%	1	17662,50	690000	39,07
			2	17662,50	730000	41,33
			3	17662,50	640000	36,23
			Rerata		<b>2060000</b>	<b>38,88</b>
2	2 %	GT 2 %	1	17662,50	800000	45,29
			2	17662,50	770000	43,60
			3	17662,50	720000	40,76
			Rerata		<b>2290000</b>	<b>43,22</b>
3	4 %	GT 4 %	1	17662,50	810000	45,86
			2	17662,50	760000	43,03
			3	17662,50	830000	46,99
			Rerata		<b>2400000</b>	<b>45,29</b>
4	6 %	GT 6 %	1	17662,50	730000	41,33
			2	17662,50	660000	37,37
			3	17662,50	850000	48,12
			Rerata		<b>2240000</b>	<b>42,09</b>
5	8 %	GT 8 %	1	17662,50	740000	41,90
			2	17662,50	770000	43,60
			3	17662,50	690000	39,07
			Rerata		<b>2200000</b>	<b>41,33</b>



Gambar 1. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Persentase Serbuk Kaca

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan, didapat kuat tekan dengan variasi kadar serbuk kaca sebesar 0 %; 2 %; 4 %; 6 %; dan 8 % yang diuji pada umur 28 hari secara berturut-turut adalah 38,8771 MPa; 43,2177 MPa; 45,2937 MPa; 42,2741 MPa; dan 41,5192 MPa. Kuat tekan maksimum beton mutu tinggi metode ACI ini adalah dengan kadar serbuk kaca sebesar 4 % yang menghasilkan kuat tekan sebesar 45,2937 Mpa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 16,50% dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode ACI tanpa campuran serbuk kaca dan serat kawat galvanis. Berdasarkan grafik fungsi polinomial, kadar serbuk kaca optimum terjadi pada  $x_1 = 0,0372$  atau dalam persen adalah 3,72% dengan nilai kuat tekan sebesar 45,2937MPa.

#### Hasil Pengujian Kuat Lentur

Tabel 6. Hasil Perhitungan Momen Nominal Hasil Pengujian

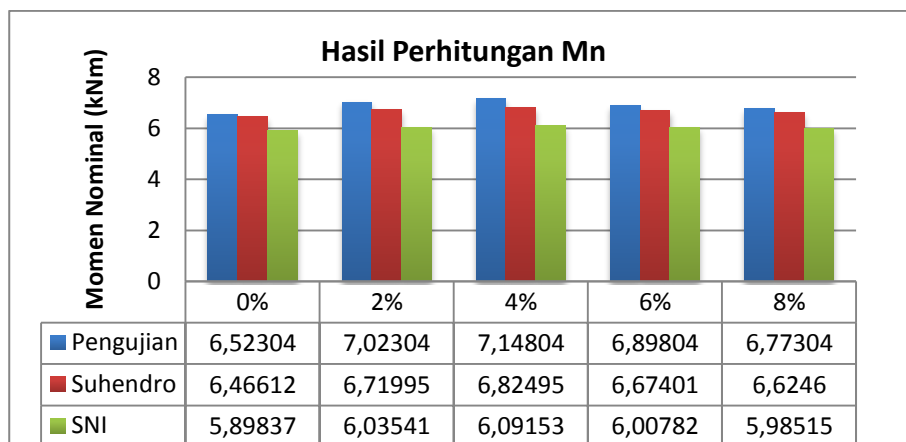
NO	KADAR SERBUK KACA	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	P Leleh (kN)	½ P Leleh (kN)	Mn (kN.m)
1	0 %	GL 0%	1	42,5	21,25	6,39804
			2	45	22,5	6,77304
			3	42,5	21,25	6,39804
			Rerata			<b>6,52304</b>
2	2 %	GL 2 %	1	47,5	23,75	7,14804
			2	45	22,5	6,77304
			3	47,5	23,75	7,14804
			Rerata			<b>7,02304</b>
3	4 %	GL 4 %	1	50	25	7,52304
			2	45	22,5	6,77304
			3	47,5	23,75	7,14804
			Rerata			<b>7,14804</b>
4	6 %	GL 6 %	1	42,5	21,25	6,39804
			2	47,5	23,75	7,14804
			3	47,5	23,75	7,14804
			Rerata			<b>6,89804</b>
5	8 %	GL 8 %	1	42,5	21,25	6,39804
			2	47,5	23,75	7,14804
			3	45	22,5	6,77304
			Rerata			<b>6,77304</b>

Tabel 7. Hasil Perhitungan Momen Nominal Analisis SNI

NO	KADAR SERBUK KACA (%)	KODE BENDA UJI	Mn (kN.m)
1	0%	GL 0%	5,8984
2	2%	GL 2%	6,0354
3	4%	GL 4%	6,0915
4	6%	GL 6%	6,0078
5	8%	GL 8%	5,9851

Tabel 8. Hasil Perhitungan Momen Nominal Analisis Suhendro

NO	KADAR SERBUK KACA (%)	KODE BENDA UJI	Mn (kN.m)
1	0%	GL 0%	6,46613
2	2%	GL 2%	6,71996
3	4%	GL 4%	6,82495
4	6%	GL 6%	6,67401
5	8%	GL 8%	6,62460



Gambar 2. Diagram Perbandingan Momen Hasil Pengujian dengan Analisis SNI dan Suhendro

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

### a. Kuat Tekan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan pada pemakaian serbuk kaca dengan kadar 2%, 4%, 6% dan 8% sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton mutu tinggi metode ACI berserat kawat galvanis yang diuji pada umur 28 hari secara berturut-turut adalah 38,8771 Mpa; 43,2177 Mpa; 45,2937 Mpa; 42,2741 Mpa; dan 41,5192 Mpa. Persentase peningkatan nilai kuat tekan pada kadar serbuk kaca 2%, 4%, 6% dan 8% secara berturut-turut adalah 11,17%; 16,50%; 8,74%; dan 6,80% dari kuat tekan beton tanpa campuran. Hasil perhitungan fungsi polynomial dari grafik diperoleh nilai kuat tekan maksimal beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca sebesar 3,72% dengan nilai kuat tekan 45,35638 Mpa. Peningkatan kuat tekan tersebut antara lain disebabkan karena dalam kadar tertentu serbuk kaca dapat menjadi filler yang memadai dalam campuran beton dan adanya kontribusi dari serat yang seolah-olah berfungsi sebagai tulangan pada beton.

### b. Kuat Lentur

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai kuat lentur pada pemakaian serbuk kaca dengan kadar 2%, 4%, 6% dan 8% sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton mutu tinggi metode ACI berserat kawat galvanis yang diuji pada umur 28 hari secara berturut-turut adalah 6,52304 kNm; 7,02304 kNm; 7,14804 kNm; 6,89804 kNm dan 6,77304 kNm. Persentase peningkatan nilai kuat lentur pada kadar serbuk kaca 2%, 4%, 6% dan 8% secara berturut-turut adalah 7,665%; 9,581%; 5,749%; dan 3,833% dari kuat lentur beton tanpa campuran. Hasil perhitungan fungsi polynomial dari grafik diperoleh nilai kuat lentur maksimal beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar penggantian sebagian semen dengan serbuk kaca sebesar 3,528% dengan nilai kuat lentur 7,16050 kN.m.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Ir. Slamet Prayitno, M.T. dan Ir. Supardi, M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- ACI Committee 544. 1982. *State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete*. ACI 544 IR-82. Farmington Hills : American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. ACI 301-729, *Specification for Structural Concrete Requirements*.
- Agung Setyo Nugroho. 2014. *Kajian Kapasitas Lentur Balok Beton Mutu Tinggi Metode Dreux Berserat Tembaga*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Ananta Ariatama. 2005. *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat*. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Arikunto S. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik, Ed Revisi VI*. Jakarta: Penerbit PT Rineka Cipta.
- Istimawan Dipohusodo. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Joseph A. Dobrowolski. 1998. *Concrete Contruction*. New York : McGraw-Hill.
- Kardiyono Tjokrodimuljo. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil FT. UGM.
- Kemalasari, dkk. 2008. *Analisis Pengaruh Penambahan Serat Kawat Berkait pada Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat*. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Levin Wibowo. 2013. *Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca dan Water Reducing High Range Admixtures terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas pada Beton*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta : Yogyakarta.
- Mario Ota Hamonangan Manik. 2014. *Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Mutu Tinggi Metode ACI yang Berserat Bendrat dengan Fly Ash dan Bahan Tambah Besmittel*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Neville, A.M., Brooks, J.J. 1981. *Concrete Technology*. London: Longman Group
- Neno Hanafiah. 2011. *Pengaruh Penambahan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dengan Variasi 2%, 4%, 6% dan 8% terhadap Kuat Tekan dan Nilai Slump*. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Soroushian, P., and Bayasi, Z. 1987. *Concept Of Fiber Reinforced Concrete*. Proceeding Of The International Seminar On Fiber Reinforced Concrete. USA: Michigan State University.
- SK SNI T-15-1990-03. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Bandung: Yayasan LPMB.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-6468-2000 Pd T-18-1999-03. 2010. *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Suhendro. 1991. "Pengaruh Pemakaian Kawat Lokal Pada Sifat - Sifat Beton", Laporan Penelitian. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.